

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-045368

(43)Date of publication of application : 12.02.2002

(51)Int.Cl.

A61B 18/00

B06B 1/02

(21)Application number : 2000-234697

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 02.08.2000

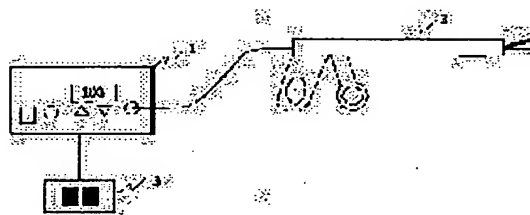
(72)Inventor : TANAKA KAZUE

## (54) ULTRASONIC COAGULATION INCISION DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ultrasonic coagulation incision device with which resonance point is detected accurately in probes of various properties and using conditions and it is moved to a PLL movement.

SOLUTION: When compared  $\omega$  with  $\omega_{ref}$  during  $F_{r0}$  is detecting (during drawing frequency) in a CPU 12, and when  $\omega > \omega_{ref}$  is detected, /PHA-EN is turn on in the CPU 12, and /PHA-EN signal is transmitted to a resonance frequency detecting circuit 21. A resonance frequency detecting circuit 21 detects whether frequency of  $\omega$  is within  $\pm 10\%$  of frequency of  $\omega_v$ . After the detection,  $F_{r0}$  is detected by shifting phases of  $\omega$  and  $\omega_v$  from + to -.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-45368

(P2002-45368A)

(43) 公開日 平成14年2月12日 (2002.2.12)

(51) Int. Cl.

識別記号

A 6 1 B 18/00

B 0 6 B 1/02

F I テーラント (参考)

B 0 6 B 1/02 A 4 C 0 6 0

A 6 1 B 17/36 3 3 0 5 D 1 0 7

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-234697 (P2000-234697)

(22) 出願日 平成12年8月2日 (2000.8.2)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 田中 一恵

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(74) 代理人 100076233

弁理士 伊藤 進

F ターム (参考) 4C060 JJ17 JJ25

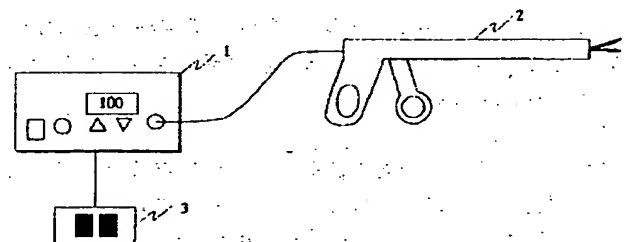
5D107 AA07 BB01 BB07 CD04 CD05

(54) 【発明の名称】 超音波凝固切開装置

(57) 【要約】

【課題】 種々の特性、使用状態のプロープに於いても、正確に共振点を検出し、PLL動作へ移行する。

【解決手段】 CPU 1 2 にて、Fr0検出中（周波数掃引中）に、 $|I|$  と  $|I|_{ref}$  を比較し、 $|I| > |I|_{ref}$  となった場合、CPU 1 2 にて /PHA\_EN を ON とし、共振周波数検出回路 2 1 へ /PHA\_EN 信号を送信する。共振周波数検出回路 2 1 は、 $\theta 1$  の周波数が  $\theta v$  の周波数の  $\pm 10\%$  以内の範囲に入っているかどうかを検知する。検知した後、 $\theta 1$  と  $\theta v$  の位相差が + から - へ切り替わったことによって Fr0 を検知する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 超音波振動子を駆動するための共振周波数を追尾する共振周波数追尾手段と、

接続されたハンドピースの種類を判別するハンドピース判別手段と、

前記超音波振動子に供給されている出力周波数を掃引し、掃引中の電流信号の周波数を検知するとともに、前記電流信号の実効値を基準値と比較し、且つ前記電流信号と電圧信号の位相差が+から-に切り替わったことを検知することにより前記共振周波数を検出する共振周波数検出手段と、

前記ハンドピース判別手段による前記ハンドピースの種類の判別結果にしたがって、前記実効値と比較する前記基準値を変化させる基準値変更手段と、前記共振周波数検出後、前記共振点検出手段から前記共振周波数追尾手段へ制御を切り替える制御切り替え手段とを備えたことを特徴とする超音波凝固切開装置。

【請求項 2】 前記共振周波数検出手段は、

1 回の周波数掃引時に共振周波数を検出できなかった場合、超音波振動子に供給する電流信号の大きさの設定を変化させることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波凝固切開装置。

【請求項 3】 前記共振周波数検出手段は、

前記実効値がある前記基準値以上であるかを検出した後、電圧、電流位相信号の周波数差がある一定以内であることを検知し、その後、位相差の切り替わりを検知し、前記共振周波数を検出することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波凝固切開装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は超音波凝固切開装置、更に詳しくは共振周波数の検出制御部分に特徴のある超音波凝固切開装置に関する。

【0002】

【従来の技術】超音波変換器としての超音波振動子を用いる超音波装置は種々提案されており、これには例えば外科用超音波メスや超音波加工装置等が知られている。

【0003】このような外科用超音波メスや超音波加工装置に使用される超音波振動子は、その変換効率を高めるため、従来から、その超音波振動子の機械的共振点で駆動することが知られている。

【0004】機械的共振点に於いて共振させる手段として最も一般的なのは、超音波振動子に加わる電圧と流れる電流の位相を検出し、その位相差が零になるように制御する、いわゆるフェーズ・ロック・ループ (PLL) 方式の共振点追尾回路である。

【0005】これは、共振点で確実に駆動出来るため、超音波振動子に加わる負荷の変化に追従する方法として優れている。

【0006】しかし、PLLを用いた共振点追尾を行う

場合、追尾動作に入る前に、図 5 に示すように、振動子に接続され、振動子と共にハンドピースを形成するプローブに応じた初期共振周波数 (Fr0) を確実に検出する必要がある。

【0007】初期共振周波数 (Fr0) は、振動子に接続するプローブの種類、製造上のばらつき、周囲温度等によって異なる。

【0008】初期共振周波数 (Fr0) の検出方法としては、例えば特開平 2-290281 号公報に示されるように、動作中に変動する共振点での PLL 方式の追尾動作に入る前に、オープンループで出力周波数を掃引し、その途中で、初期共振周波数 (Fr0) を検出したら、クローズループに移行し、PLL 動作にスムーズに入るといふものがある。

【0009】また、前述の特開平 2-290281 号公報では、共振点追尾の手段として、VCO を用いたアナログ式 PLL を適用しているが、近年、DDS (ダイレクト・デジタル・シンセサイザ) を用いたデジタル式の PLL が、- 回路定数の調整不要、使用回路素子の定数温度変動による出力周波数変動がないことにより、共振周波数追尾回路として用いられるようになっている。

【0010】デジタル式 PLL を用いた従来の超音波凝固切開装置では、図 6 に示すように、術者により、フットスイッチ 101 が ON されると、CPU 102 より 8 ビットの初期設定周波数信号 Fo が掃引回路 103 へ送信された後、掃引開始信号 (/SWEEP\_ON) が送信され、Fr0 を検知するための出力周波数の掃引が開始される。このとき、Fo は、周波数掃引を開始する周波数である。

【0011】また、Fr0 検出時の出力設定は、CPU 102 より 4 ビットの出力電流信号 (最大出力の 30%) が D/A 変換器 104 へ出力される。D/A 変換器 104 に於いて、D/A 変換され、乗算器 105 へ出力される。

【0012】また、掃引回路 103 は、Fo を一定の間隔でダウンカウントすることにより、掃引信号 Fo' を生成する。Fr0 検出時は、Fo は、UP/DOWN カウンタ 106 をスルーし、駆動周波数設定信号 Fs となって、DDS 107 へ入力される。

【0013】UP/DOWN カウンタ 106 と位相比較器 108 は、PLL 追尾動作時に機能し、周波数追尾を行うために使用する回路であるため、Fr0 検知後 ON となる入力信号 PLL\_ON 信号が ON の間のみ動作するように設計されている。

【0014】DDS 107 は、Fs に対応した SIN 波形の出力を行い、DDS 107 から出力された SIN 波は、乗算器 105 へ入力され、CPU 102 からの出力電流信号を、D/A 変換器 104 において D/A 変換した信号 DA1 との掛け算を行う。

【0015】乗算器 105 から出力された SIN 波形

3

は、電力増幅器109にて増幅され、検出回路110を経て、ハンドピース111の振動子112へ出力され、プローブ123を超音波振動させる。

【0016】検出回路110において、超音波出力（電圧、電流）の位相信号 $\theta_v$ （電圧位相信号）、 $\theta_I$ （電流位相信号）、出力電流の実効値 $|I|$ を検出し、共振周波数検出回路113へ出力している。

【0017】共振周波数検出回路113では、出力電流の実効値 $|I|$ を検知し、インピーダンスの変化をモニタしている。

【0018】共振周波数検出回路113は、フットスイッチ101により、超音波出力がONされたのをCPU102から受けて（/SWEEP\_ON）、Fr0検出処理を行う。

【0019】共振周波数検出回路113は、電流比較回路121と位相検知回路122からなり、電流比較回路121にて出力電流の実効値 $|I|$ が、基準値 $|I|_{ref}$ を越えた場合、位相検知回路122へイネーブル信号/PHA\_ENをONとし、位相検知回路122の動作を開始させる。

【0020】位相検知回路122では、電圧位相信号 $\theta_v$ 、電流位相信号 $\theta_I$ の位相差を検知し、図10に示すように、前述の2信号の位相差が“0”となるところをFr0として検知し、PLL\_ONをONとする。また、一回の出力周波数掃引時にFr0が検出できなかった場合、前述のFr0検出を再度行う（最大2回迄）。

【0021】PLL\_ONがONとなると掃引回路103は、周波数掃引を停止し、検出した共振周波数以上の変化はしない。

【0022】また、PLL\_ONがONとなることにより、UP/DOWNカウンタ106と位相比較器108の動作が開始され、PLL114による共振周波数追尾が動作する。

【0023】位相比較器108では、電圧位相信号 $\theta_v$ 、電流位相信号 $\theta_I$ の位相差を検出し、周波数追尾のために、DDS107からの出力（SIN波形）の出力周波数を上下させる制御信号（以下、UP/DOWN信号）を出力し、UP/DOWNカウンタ106への入力とする。

【0024】UP/DOWNカウンタ106では、共振周波数検出時に検出したFr0と位相比較器108からのUP/DOWN信号に基づき、実際にDDS107から出力する周波数の設定信号である、駆動周波数設定信号Fsを出力する。

【0025】次に、このように構成された従来の超音波凝固切開装置でのPLL引き込みまでの処理の流れを説明する。

【0026】図7に示すように、ステップS101で術者によりフットスイッチ101がONされると、ステップS102でFr0検出時の出力設定のためCPU10

2より4ビットの出力電流信号がD/A変換器104へ出力される。D/A変換器104に於いて、D/A変換され、乗算器105へ出力される。

【0027】そして、ステップS103でCPU102より8ビットの初期設定周波数信号Foが掃引回路103へ送信された後、掃引開始信号（/SWEEP\_ON）が送信され、Fr0を検知するための出力周波数の掃引が開始される。

【0028】ステップS104で掃引回数をカウントし、ステップS105で出力電流の実効値 $|I|$ が基準値 $|I|_{ref}$ を越えたかどうか判断し、出力電流の実効値 $|I|$ が基準値 $|I|_{ref}$ を越えた場合はステップS106で電圧位相信号 $\theta_v$ 、電流位相信号 $\theta_I$ の位相差が“0”かどうか判断し、電圧位相信号 $\theta_v$ 、電流位相信号 $\theta_I$ の位相差が“0”ならばFr0として検知し、ステップS107で周波数掃引を停止し、UP/DOWNカウンタ106と位相比較器108の動作が開始され、PLL114による共振周波数追尾が動作する。

【0029】ステップS105で出力電流の実効値 $|I|$ が基準値 $|I|_{ref}$ を越えていないと判断すると、ステップS108で掃引回数が2回かどうか判断し、1回目の掃引ならばステップS103に戻り処理を繰り返し、2回目の掃引ならばステップS109で警告を発し出力を停止する。

【0030】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、超音波振動子11に締結され、超音波振動するプローブ123が多種にわたり、プローブ123の負荷状況、特性が様々な場合、次の様な問題があることが判明した。すなわち、従来では、回路上において、設定値（ $|I|_{ref}$ ）を決めて、 $|I|$ が、その設定値以上となった場合、位相差検出を行い、位相差が零となった場合を共振点としている。

【0031】このため、 $|I|$ 検知時、設定値（ $|I|_{ref}$ ）の決定は一意的であり、プローブ123が多種にわたり、負荷のかかり易いプローブの場合、また、発振時術者がプローブに重めの負荷を掛けていた場合、図8に示すように、 $|I|$ が $|I|_{ref}$ 以上にならず、位相差検出へ移行できずFr0が検出できないという問題がある。

【0032】また、 $|I|_{ref}$ を下げすぎると、インピーダンスが高い時点で、位相差検出を行ってしまうために、電流信号が小さすぎて、検出回路10からの出力信号（ $\theta_I$ ）のデューティが50%とならず、位相差検出が正常に行えなくなり、Fr0検出時の誤検知の原因となる。

【0033】また、反共振点（F2）より高い周波数では、F2よりインピーダンスが低くなるため、 $|I|$ も大きくなる。そのため、F2より高い周波数領域の出力周波数掃引時、 $|I|$ が $|I|_{ref}$ よりもおおきくなり、/PHA\_ENがONしてしまい、 $\theta_I$ と $\theta_v$ の位相差が零となる

F2をFr0として誤検知してしまったり、 $\theta I$ と $\theta v$ の信号線上にノイズがのり、位相差を零と誤検知し、Fr0以外の周波数でPLL追尾を開始してしまう問題がある。

【0034】本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、種々の特性、使用状態のプロープに於いても、正確に共振点を検出し、PLL動作へ移行することのできる超音波凝固切開装置を提供することを目的としている。

【0035】

【課題を解決するための手段】本発明の超音波凝固切開装置は、超音波振動子を駆動するための共振周波数を追尾する共振周波数追尾手段と、接続されたハンドピースの種類を判別するハンドピース判別手段と、前記超音波振動子に供給されている出力周波数を掃引し掃引中の電流信号の周波数を検知するとともに前記電流信号の実効値を基準値と比較し且つ前記電流信号と電圧信号の位相差が+から-に切り替わったことを検知することにより前記共振周波数を検出する共振周波数検出手段と、前記ハンドピース判別手段による前記ハンドピースの種類の判別結果にしたがって、前記実効値と比較する前記基準値を変化させる基準値変更手段と、前記共振周波数検出後、前記共振点検出手段から前記共振周波数追尾手段へ制御を切り替える制御切り替え手段とを備えて構成される。

【0036】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について述べる。

【0037】図1ないし図4は本発明の一実施の形態に係わり、図1は超音波手術装置の構成を示す構成図、図2は図1の超音波凝固切開装置の構成を示すブロック図、図3は図2の共振周波数検出回路の構成を示すブロック図、図4は図2の超音波凝固切開装置の作用を説明するフローチャートである。

【0038】本実施の形態の超音波手術装置は、図1に示すように、超音波出力を行う超音波凝固切開装置1と、処置を行うハンドピース2と、超音波凝固切開装置1の超音波出力を制御するフットスイッチ3とから構成される。

【0039】ハンドピース2は、図2に示すように、振動子2aと種々の形態のプロープ2bからなり、一体型となっており、ハンドピース2は超音波凝固切開装置1に着脱できるようになっている。そして、超音波凝固切開装置1より供給された電気信号を振動子2aにて機械振動へ変換し、振動子2aに接続されたプロープ2bの機械振動によって処置を行っている。

【0040】ハンドピース2には、そのハンドピース2の種類を判別する判別抵抗2cが設けられている。判別抵抗2cは、ハンドピース2の種類によって、定数が異なっている。HP（ハンドピース）判別回路11において、判別抵抗2cの抵抗値を検出し、その検出した結果

（ハンドピース種）をCPU12へ送信する。CPU12では、この結果を基とし、どの種類のハンドピースが接続されているかを判断する。

【0041】超音波凝固切開装置1では、図2に示すように、術者により、フットスイッチ3がONされると、ハンドピース2の種類判別の結果によってCPU12より8ビットの初期設定周波数信号Foが設定され、この初期設定周波数信号Foが掃引回路13へ送信された後、掃引開始信号（/SWEEP\_ON）が送信され、Fr0を検知するための出力周波数の掃引が開始される。このとき、Foは、周波数掃引を開始する周波数である。

【0042】また、Fr0検出時の出力設定は、CPU12より4ビットの初期出力電流信号（最大出力の30%）がD/A変換器14へ出力される。D/A変換器14に於いて、D/A変換され、乗算器15へ出力される。

【0043】また、掃引回路13は、Foを一定の間隔でダウンカウントすることにより、掃引信号Fo'を生成する。Fr0検知時は、Foは、UP/DOWNカウンタ16をスルーし、駆動周波数設定信号Fsとなつて、DDS17へ入力される。

【0044】UP/DOWNカウンタ16と位相比較器18は、PLL追尾動作時に機能し、周波数追尾を行うために使用する回路であるため、Fr0検知後ONとなる入力信号PLL\_ON信号がONの間のみ動作するように設計されている。

【0045】DDS17は、Fsに対応したSIN波形の出力を行い、DDS17から出力されたSIN波は、乗算器15へ入力され、CPU12からの出力電流信号を、D/A変換器14においてD/A変換した信号DA1との掛け算を行う。

【0046】乗算器15から出力されたSIN波形は、電力増幅器19にて増幅され、検出回路20を経て、ハンドピース2の振動子2aへ出力される。

【0047】検出回路20において、超音波出力（電圧、電流）の位相信号 $\theta v$ （電圧位相信号）、 $\theta I$ （電流位相信号）、出力電流の実効値 $|I|$ を検出し、位相信号 $\theta v$ （電圧位相信号）、 $\theta I$ （電流位相信号）は共振周波数検出回路21へ出力され、出力電流の実効値 $|I|$ はA/D変換器22によって、8ビットのデジタル信号に変換され、CPU12へ送信される。

【0048】CPU12では、前述のハンドピース2の種類判別の結果によって、基準値 $|I|_{ref}$ の設定を変化させる。例えば負荷が大きくなり易いような長さの長いプロープの場合は $|I|_{ref}$ の設定を低くし、また負荷があまりかからないような短い長さのプロープの場合は $|I|_{ref}$ の設定を高くする。

【0049】CPU12にて、Fr0検出中（周波数掃引中）に、 $|I|$ と $|I|_{ref}$ を比較し、 $|I| > |I|_{ref}$ となった場

合、CPU12にて/PHA\_ENをONとし、共振周波数検出回路21へ/PHA\_EN信号を送信する。

【0050】共振周波数検出回路21は、図3に示すように、 $\theta I$ 周波数検知31、 $\theta I/\theta v$ 位相差(+)検出回路32、 $\theta I/\theta v$ 位相差(-)検出回路33からなる。

【0051】 $\theta I$ 周波数検知31は、/PHA\_ENがONとなったことを受けて検知を開始する。 $\theta I$ 周波数検知31は、振動子11の破損や、振動子に接続されたプローブの破損により、出力電流波形のデューティが50%にならなかつたり、波形に歪みが生じた場合を想定して設けた検知であり、 $\theta I$ の周波数が、 $\theta v$ の周波数の $\pm 10\%$ 以内の範囲に入っているかどうかを検知する。検知した後、enable1がONとなり、 $\theta I/\theta v$ 位相差(+)検出回路32へ送信する。

【0052】 $\theta I/\theta v$ 位相差(+)検出回路32では、enable1がONとなったことを受けて、検知を開始する。 $\theta I/\theta v$ 位相差(+)検出回路32は、次で説明する $\theta I/\theta v$ 位相差(-)検出回路33とあわせて、 $\theta I$ と $\theta v$ の位相差が+から-へ切り替わったことによってFr0を検知する(図5に示した通り、Fr0は、位相差が+から-へ切り替わるところに存在するため)。

【0053】 $\theta I/\theta v$ 位相差(+)検出回路32では、掃引周波数がFr0とF2の間(位相差が+の周波数区間)にあることの検知を行う。つまり、ある一定時間、連続して位相差が+である出力波形が出力されることの検知を行っている。

【0054】掃引周波数が位相差+である周波数区間にあったことを、検知したらenable2をONとし、 $\theta I/\theta v$ 位相差(-)検出回路33へ送信する。

【0055】 $\theta I/\theta v$ 位相差(-)検出回路33では、enable2がONとなったことを受けて、検知を開始する。前述の様にFr0を検知するため、 $\theta I/\theta v$ 位相差(-)検出回路33は、掃引周波数がF1とFr0の間(位相差が-の周波数区間)にあることの検知を行う。つまり、ある一定時間、連続して位相差が-である出力波形が出力されることの検知を行っている。

【0056】掃引周波数が位相差-である周波数区間にあったことを、検知した場合、前述の様に、位相差が+から-へ切り替わったことを示すため、Fr0を検知したこととし、PLL追尾を開始するため、 $\theta I/\theta v$ 位相差(-)検出回路33は、PLL\_ON信号をONとする。

【0057】PLL\_ONがONとなると掃引回路13は、周波数掃引を停止し、検出した共振周波数以上の変化はしない。

【0058】また、PLL\_ONがONとなることにより、UP/DOWNカウンタ16と位相比較器18の動作が開始され、PLL41による共振周波数追尾が動作する。

【0059】位相比較器18では、電圧位相信号 $\theta v$ 、電

流位相信号 $\theta I$ の位相差を検出し、周波数追尾のために、DDS17からの出力(SIN波形)の出力周波数を上下させる制御信号(以下、UP/DOWN信号)を出力し、UP/DOWNカウンタ16への入力とする。

【0060】UP/DOWNカウンタ16では、共振周波数検出時に検出したFr0と位相比較器18からのUP/DOWN信号に基づき、実際にDDS17から出力する周波数の設定信号である、駆動周波数設定信号Fsを出力する。

【0061】また、ハンドピース2に大きな負荷がかかることにより、周波数Fr0時のインピーダンスが高くなった場合|I|の最大値が|I|refよりも小さくなってしまい、Fr0の検知が出来ない可能性がある。

【0062】そのため、一回の周波数掃引時に、Fr0の検出が行えなかった場合、Fr0検出用の出力電流の設定値を、10%刻みで上げる(例えば、最大70%まで)。

【0063】前述の動作は、CPU4から4ビットの出力電流設定信号をD/A変換回路15へ送信する。D/A変換回路15は、その信号をD/A変換し乗算器8へ出力する。

【0064】出力電流を大きくすることにより、Fr0のインピーダンスが低くなるため、出力電流波形が検知を行い易くする。

【0065】次に、このように構成された本実施の形態の超音波凝固切開装置1でのPLL引き込みまでの処理の流れを説明する。

【0066】図4に示すように、ステップS1でハンドピース2の接続を待ち、ステップS2で接続されたハンドピース2の種類を判別して、ステップS3でハンドピース2の種類に応じて初期設定周波数信号Fo及び基準値|I|refを設定する。

【0067】ステップS4で術者によりフットスイッチ3がONされると、ステップS5でCPU12にてFr0検出時の出力設定のためCPU102より4ビットの出力電流信号がD/A変換器104へ出力される。D/A変換器104に於いて、D/A変換され、乗算器105へ出力される。

【0068】そして、ステップS5でCPU12より8ビットの初期設定周波数信号Foが掃引回路13へ送信された後、掃引開始信号(/SWEEP\_ON)が送信され、掃引回路13にてFr0を検知するための出力周波数の掃引が開始される。

【0069】ステップS6で掃引回数をカウントし、ステップS7でCPU12にて出力電流の実効値|I|が基準値|I|refを越えたかどうか判断し、出力電流の実効値|I|が基準値|I|refを越えた場合は、ステップS8で共振周波数検出回路21にて $\theta I$ の周波数が $\theta v$ の周波数の $\pm 10\%$ 以内の範囲に入っているかどうか判断し、 $\theta v$ の周波数の $\pm 10\%$ 以内の範囲に入っている場

合はステップS9に進む。

【0070】ステップS9では、共振周波数検出回路21にて電圧位相信号 $\theta_v$ 、電流位相信号 $\theta_I$ の位相差が+から-に切り替わったかどうか判断し、電圧位相信号 $\theta_v$ 、電流位相信号 $\theta_I$ の位相差が+から-に切り替わったならばFr0として検知し、ステップS10で周波数掃引を停止し、UP/DOWNカウンタ106と位相比較器108の動作が開始され、PLL114による共振周波数追尾が動作する。

【0071】ステップS7で出力電流の実効値 $|I|$ が基準値 $|I|_{ref}$ を越えていないと判断すると、ステップS11でCPU12にて出力電流信号が最大出力の60%以下かどうか判断し、出力電流信号が最大出力の60%以下の場合は、ステップS12でCPU12にて出力電流信号を10%上げステップS5に戻り処理を終了する。

【0072】ステップS8で $\theta_I$ の周波数が $\theta_v$ の周波数の $\pm 10\%$ 以内の範囲に入っていないと判断した場合、またステップS9で電圧位相信号 $\theta_v$ 、電流位相信号 $\theta_I$ の位相差が+から-に切り替わっていないと判断した場合、さらにステップS11で出力電流信号が最大出力の60%を越えたと判断した場合は、ステップS13で警告を発し出力を停止する。

【0073】このように本実施の形態では、 $|I|_{ref}$ をハンドピース2の種類によりCPU12にて、設定値を変更することにより、多種のハンドピース2において、また、ハンドピース2に大きな負荷がかかっている場合でも、Fr0を検知することができ、種々のハンドピースが接続された状態、振動子に締結されたプローブに重い負荷がかかった状態でも、確実に初期共振周波数を検出することができる。

【0074】また、位相差+から位相差-への切り替えを検知することによってFr0検出を行うことにより、 $\theta_v$ 、 $\theta_I$ 信号線に、ノイズが乗った場合でも、誤検知を起こさないような検出を行うことができる。

【0075】なお、一回目の周波数掃引時は図4と同一のフローを実施し、一回目の周波数掃引時に $|I|$ の最大値( $|I|_{max}$ )を検出し、最大値が、振動子2の許容できる入力電流値( $|I|_{per}$ )より小さかった場合、10%刻みで出力電流設定値を上昇させるのではなく、CPU12にて $|I|_{per}$ に見合う電流値を $|I|_{per}$ と $|I|_{max}$ の比によって計算し、出力電流設定を行うようにしても良く、図4のフローの場合、Fr0の検知に失敗した場合、徐々に出力電流設定をあげていくが、2回目の出力周波数掃引時に出力可能な最大の電流を振動子2へ供給することにより、Fr0検知の可能性を高めることができる。

【0076】また、電流 $|I|$ を基準値 $|I|_{ref}$ と比較する際の $|I|_{ref}$ の決定を、以下のように行っても良い。

【0077】すなわち、出力周波数掃引時、 $|I|$ をモニターし、 $|I|$ の最小値 $|I|_{min}$ を検出する。そして、 $|I|_{min}$ にオフセット $|I|_{offset}$ を加え、 $|I|_{ref}$ とする。

【0078】このように $|I|_{ref}$ の決定を行うこととすると、F2の時に $|I|_{min}$ となるため、F2よりも高い周波数領域では、/PHA\_ENがONしないため、必ずF2よりも低い周波数領域にて位相差が+から-への切り替え検出を行うことができる。

【0079】以上説明したように、この発明によれば、種々のハンドピースが接続された状態、振動子に締結されたプローブに重い負荷がかかった状態でも、確実に初期共振周波数を検出することができる。

【0080】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、種々の特性、使用状態のプローブに於いても、正確に共振点を検出し、PLL動作へ移行することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る超音波手術装置の構成を示す構成図

【図2】図1の超音波凝固切開装置の構成を示すブロック図

【図3】図2の共振周波数検出回路の構成を示すブロック図

【図4】図2の超音波凝固切開装置の作用を説明するフローチャート

【図5】従来の超音波凝固切開装置の構成を示すブロック図

【図6】図5の超音波凝固切開装置の作用を説明するフローチャート

【図7】共振周波数の検出を説明する第1の図

【図8】共振周波数の検出を説明する第2の図

【符号の説明】

1…超音波凝固切開装置

2…ハンドピース

2a…振動子

2b…プローブ

2c…判別抵抗

3…フットスイッチ

1.1…HP(ハンドピース)判別回路

1.2…CPU

1.3…掃引回路

1.4…D/A変換器

1.5…乗算器

1.6…UP/DOWNカウンタ

1.7…DDS

1.8…位相比較器

1.9…電力増幅器

2.0…検出回路

2.1…共振周波数検出回路

2.2…A/D変換器

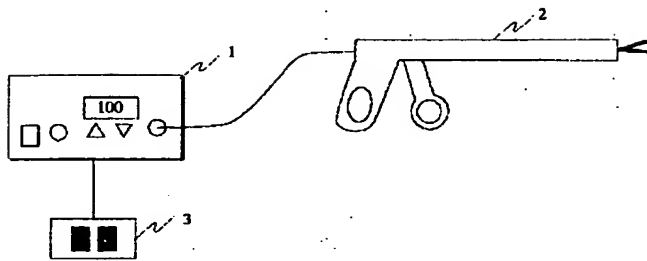
3.1… $\theta_I$ 周波数検知

3.2… $\theta_I/\theta_v$ 位相差(+)検出回路

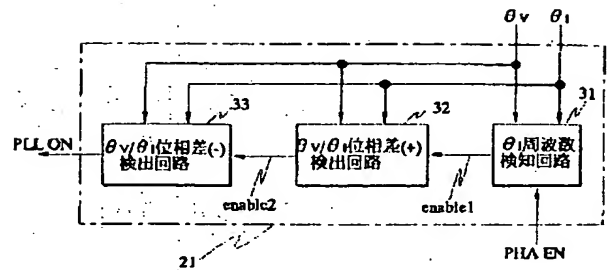
33...  $\theta_1/\theta_v$ 位相差(-)検出回路

41... PLL

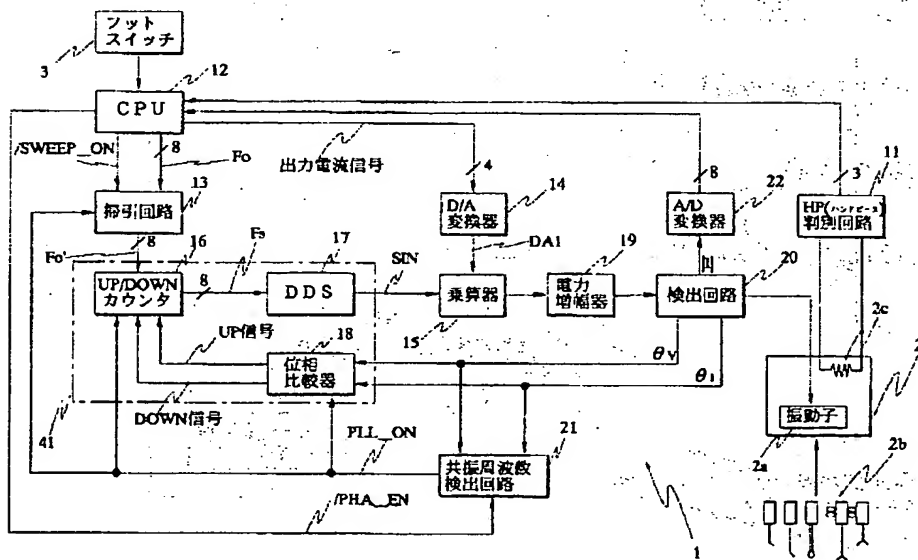
【図1】



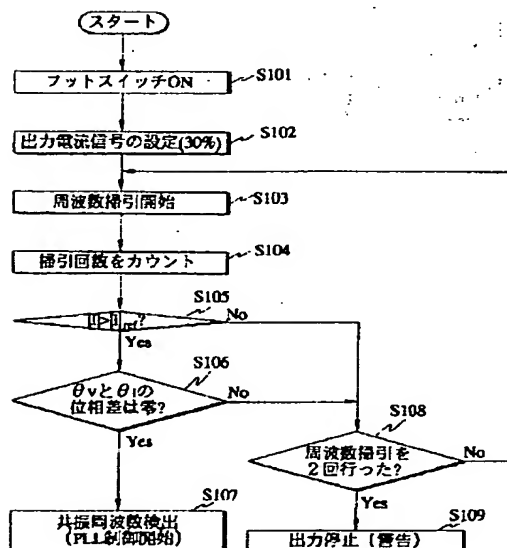
【図3】



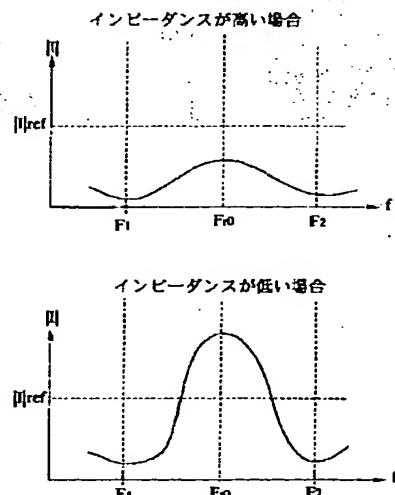
【図2】



【図7】

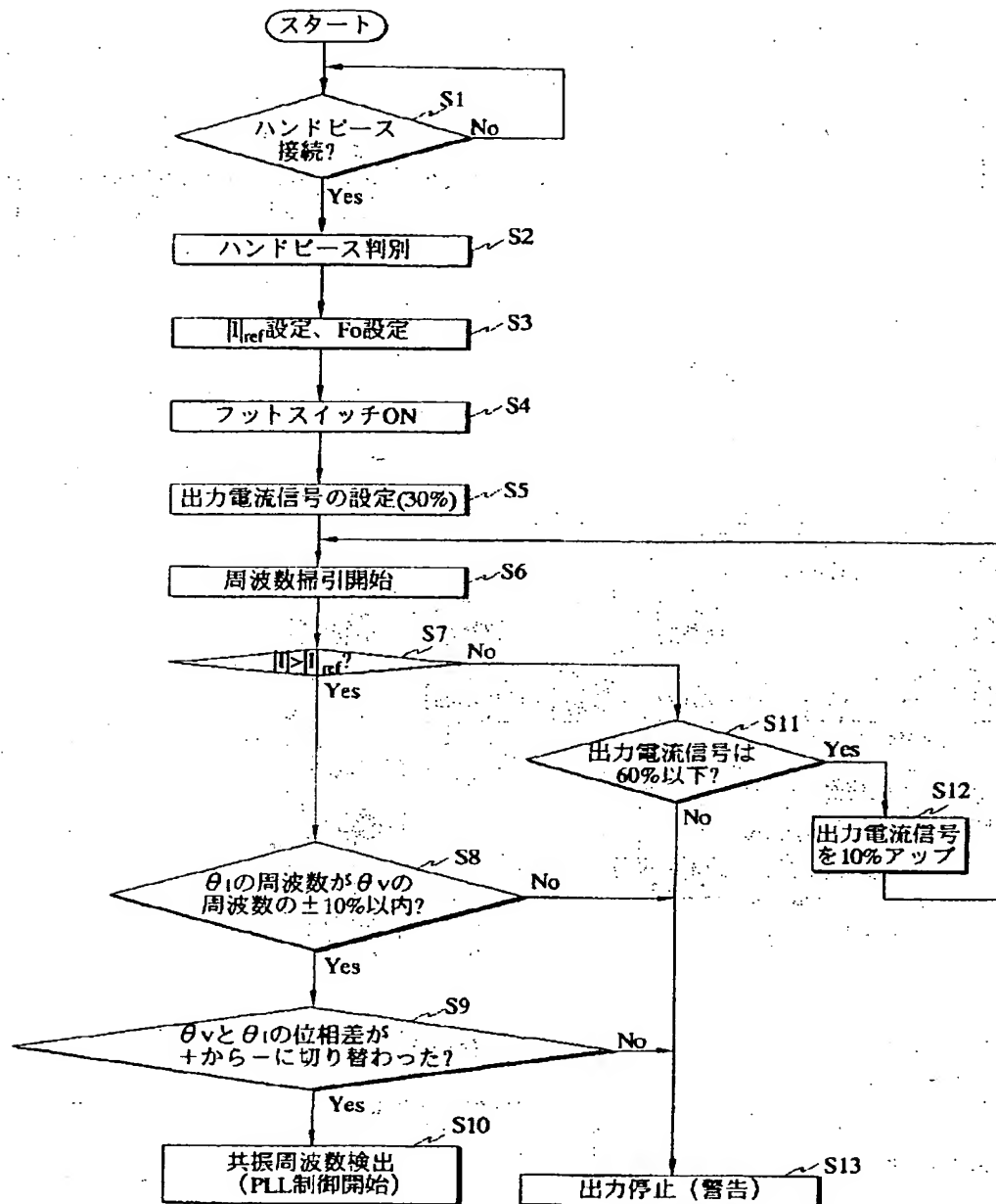


【図8】

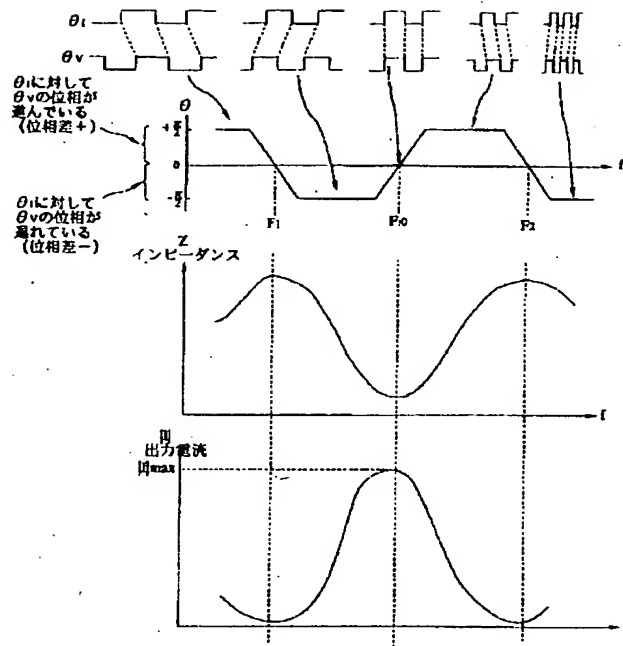




【図4】



【図5】



【図6】

